

Un ensayo con agua destilada para determinar la susceptibilidad de los aceros, a la corrosión fisurante bajo tensión

MANUEL ELICES, Ing. de Caminos
JOSE CLIMENT, Ing. de Caminos

En ocasiones la vida de las obras se ha visto grandemente acortada por roturas frágiles en armaduras aparentemente en buen estado. En un informe de la Comisión Holandesa del Hormigón, sobre fracturas en obras pretensadas en las que intervino la corrosión, se registraba que el 65 % de las roturas se habían producido durante el primer año de vida de la obra. Es evidente que la corrosión en armaduras tensadas puede limitar severamente la *durabilidad* de una estructura. La necesidad de un ensayo, que nos permita conocer el comportamiento frente a la corrosión fisurante bajo tensión de los aceros utilizados en pretensado, está motivada tanto por razones prácticas como teóricas. Se ha observado que estos fallos dependen mucho del estado tensional y características estructurales del acero, y del medio que le rodea. Un ensayo que nos permitiera conocer el comportamiento del material en las condiciones de trabajo sería de gran utilidad. Por otra parte, el complejo fenómeno de la corrosión fisurante bajo tensión estimula a nuevos experimentos que contribuyan a su esclarecimiento. Con esta doble finalidad, el Laboratorio Central de Ensayo de Materiales del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas ha emprendido una serie de estudios y parte de sus resultados son objeto de esta comunicación.

El citado informe hace notar que el 50 % de las roturas fueron frágiles. Armaduras que, aparentemente, gozaban de buena salud y no presentaban síntomas alarmantes de corrosión rompieron bruscamente. El 35 % de estas roturas ocurrieron en ambiente húmedo "normal" (no contaminado). Todo ello hace pensar en corrosión fisurante bajo tensión, donde el medio agresivo es el agua. Por otro lado, la relativa facilidad con que se reproducen estas fracturas en el laboratorio, ensayando varillas tensadas en agua destilada, sugiere, ya, un tipo de ensayo para estudiar la susceptibilidad a la corrosión fisurante bajo tensión en los aceros.

El ensayo que se describe consiste en estudiar la *durabilidad*, del sistema; varilla tensada en presencia de agua destilada. Actualmente se cree que la rotura es debida a corrosión fisurante bajo tensión, agravada por una fragilización por hidrógeno en los bordes de la grieta. El dispositivo utilizado está formado, en esencia, por la varilla tensada rodeada de un ambiente húmedo y parte de ella en contacto permanente con agua. La susceptibilidad a la corrosión fisurante bajo tensión deberá inferirse a partir del estudio de las correlaciones entre el tiempo que tarda en romper la probeta, la tensión del alambre, la estructura del acero, las características de la corrosión y las modificaciones del ambiente agresivo.

Las varillas, previamente limpiadas para uniformar las características superficiales, son tensadas a distintos valores. Para tensiones mayores del $0,70 \sigma_R$ es preciso recurrir a un sistema de palancas (Fig. 1) debido a la relajación del acero. Para cargas menores pueden utilizarse bastidores rígidos (Fig. 2). La célula de corrosión está parcialmente llena de agua, que circula continuamente. De esta forma, parte de la varilla está sumergida (unos 30 cm) y parte humedecida (alrededor de 40 cm) por las salpicaduras del agua que cae en forma de chorro, por la parte superior. La célula va provista de dispositivos para el control periódico del sistema; toma de muestras para analizar la evolución del pH y de la concentración del oxígeno, y un electrodo para medir el potencial de la varilla. Los ensayos se realizan a temperatura ambiente. Se ha utilizado como medio agresivo, agua destilada, exenta de Cl^- , S^{2-} , SH^- , NO_3^- y otros iones, tradicionalmente conocidos como agresivos.

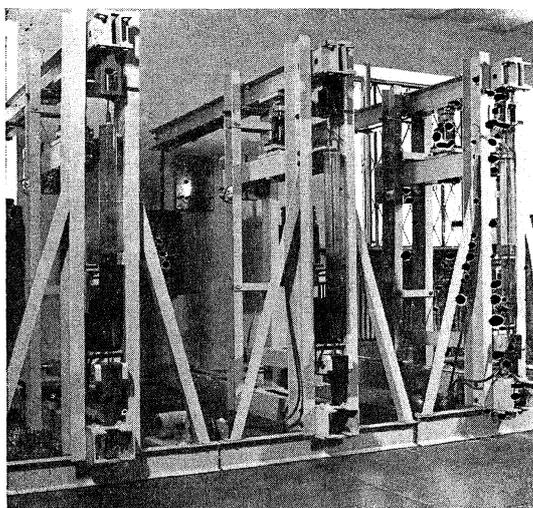


Fig. 1

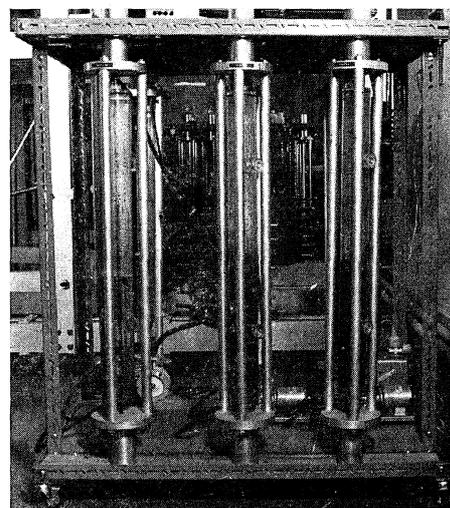


Fig. 2

La duración del ensayo es de 3 a 6 meses. Se ha elegido esta cifra porque la experiencia ha demostrado que aceros que se han comportado bien en obra, apenas han sufrido daños durante este tiempo. Cuando la probeta rompe durante el ensayo, se anota el tiempo de rotura, la posición de la zona rota respecto al nivel del agua y se ensayan a tracción las dos partes, midiendo la carga de rotura, el límite elástico, el alargamiento y la estricción. Cuando no se produce la rotura durante el experimento, se ensaya la probeta a tracción y se registran los datos antes mencionados. En ambos casos, se procede a un análisis superficial de las posibles fisuras o picaduras, (Fig. 3) a un análisis metalográfico a lo largo de un corte longitudinal (Fig. 4) y a un análisis fractográfico para identificar el proceso de fractura (Fig. 5). Se determina la pérdida de peso en la zona sumergida de la probeta y, eventualmente, se identifican los productos de corrosión. Todos los detalles relativos a este ensayo se recogerán en una Norma que publicará el Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción.

Para concluir, no es preciso remarcar que este ensayo no es un seguro a todo riesgo. No permite asegurar la inmunidad de un acero, pero sí es una garantía de su durabilidad, si el resultado es satisfactorio. Tampoco es una reproducción fiel de la realidad, pero reproduce el fenómeno básico de corrosión fisurante apoyada por la fragilización por

hidrógeno. La utilidad práctica de este ensayo, es que permite conocer la susceptibilidad a la corrosión fisurante bajo tensión de un acero utilizado para pretensado, a partir del tiempo de rotura y del número y profundidad de las grietas observadas en la probeta. Además, obtenemos, indirectamente, una medida de la sensibilidad a la corrosión normal a través de la pérdida de peso y de las posibles picaduras. Por otro lado, mediante este ensayo podemos *comparar* varios materiales y, por lo tanto, *seleccionar* una oferta o *controlar* un proceso de fabricación. Como ensayo de laboratorio nos permite seguir estudiando el fenómeno desde otros puntos de vista y con otras variables; por ejemplo: la influencia de la concentración del oxígeno, de la presencia de catalizadores, o inhibidores, de la difusión del hidrógeno a través de la malla cristalina del acero, la influencia del hormigón, del tipo de acero, o del estado de su superficie, etc.

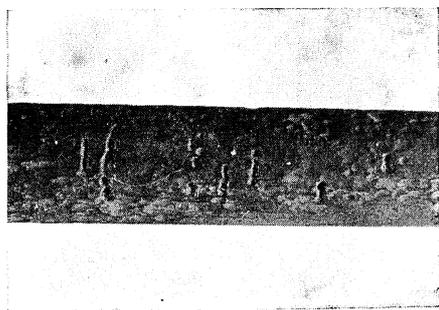


Fig. 3

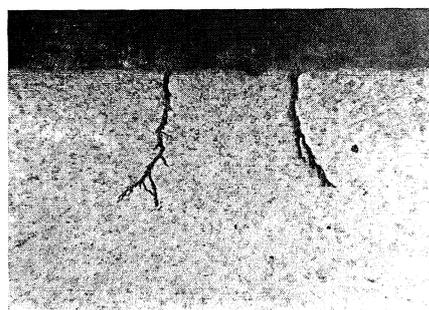


Fig. 4

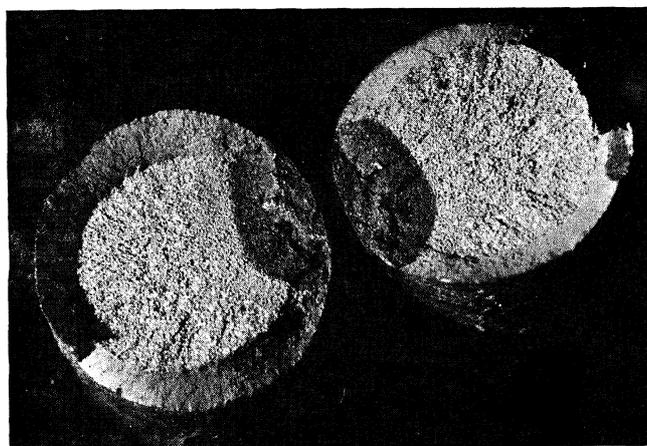


Fig. 5

En resumen, este ensayo nos permite comparar la durabilidad de distintos materiales y estudiar el fenómeno de la corrosión fisurante bajo tensión. Afortunadamente este proceso es poco frecuente y muchas veces evitable cuando se utilizan las reglas de la buena construcción. Volviendo al informe citado al principio, conviene puntualizar que, a pesar de que el 65 % de las roturas se produjeran durante el primer año, gran parte de ellas fueron debidas a una protección insuficiente del acero. Por todo ello, utilizando una acertada comparación citada por el Dr. Calleja en su magnífica exposición, sólo cabe añadir que si, además de ser buena la tela, el traje está bien cortado, no hay por qué culpar al sastre.